

(m)

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **04357570 A**

(43) Date of publication of application: 10 . 12 . 92

(51) Int. Cl.

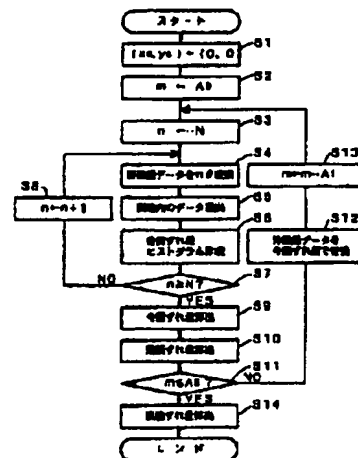
**G06F 15/62
A61B 5/117**(21) Application number: **03211085**(22) Date of filing: **22 . 08 . 91**(30) Priority: **19 . 11 . 90 JP 02313044**(71) Applicant: **NIPPONDENSO CO LTD**(72) Inventor: **KAWASAKI KOJI
KAMIYA TOSHIHARU
SUZUKI TAKAO****(54) FINGERPRINT COLLATING DEVICE****(57) Abstract:**

PURPOSE: To constitute the device so that the device is not complicated and the processing time is not lengthened, and also, not affected by a bow-like fingerprint, etc., and moreover, even when a collated image is rotating against a registered image, a relative position relation of both of them is corrected to pattern matching use.

CONSTITUTION: Feature quantity data consisting of a collation feature point and the finger-point rising line direction of a fingerprint in a collated image is converted, based on the artificial rotation shift amount (S1-S4), a collation feature point which is within πm centering around each registration feature point, and also, in which a difference of vectors is within $\pm D$ is extracted (S5), and by accumulating the number of pieces of collation feature points being in a prescribed relative position relation with regard to all registration feature points, a misalignment matrix is generated (S6). It is performed repeatedly, while changing the artificial rotation shift amount (S7, S8), and the misalignment amount and the rotation shift amount are derived by measure for showing the maximum value (S9). It is executed repeatedly, while decreasing (m) and the accumulated shift amount is

calculated (S10-S13), and outputted to a relative position correcting means (S14).

COPYRIGHT: (C)1992,JPO&Japio



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平4-357570

(43) 公開日 平成4年(1992)12月10日

(51) Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 6 F 15/62	4 6 0	9071-5L		
A 6 1 B 5/117		8932-4C	A 6 1 B 5/10	3 2 2

審査請求 未請求 請求項の数 5 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平3-211085

(22) 出願日 平成3年(1991)8月22日

(31) 優先権主張番号 特願平2-313044

(32) 優先日 平2(1990)11月19日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000004260

日本電装株式会社

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(72) 発明者 川崎 孝二

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電装株式会社内

(72) 発明者 神谷 敏玄

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電装株式会社内

(72) 発明者 鈴木 隆夫

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電装株式会社内

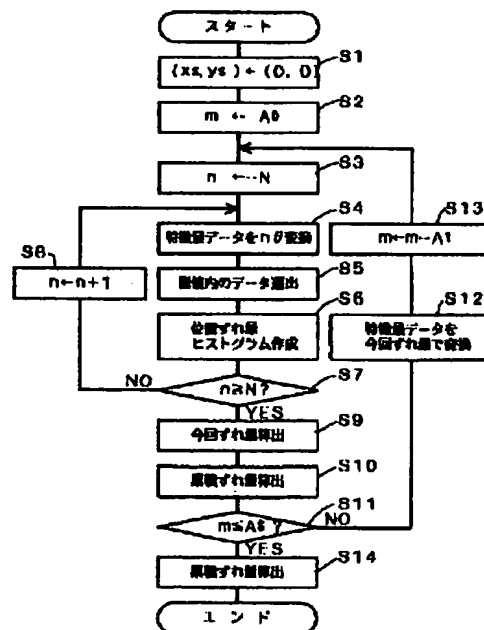
(74) 代理人 弁理士 足立 勉

(54) 【発明の名称】 指紋照合装置

(57) 【要約】

【目的】 装置の複雑化や処理時間の長大化を招くことなく、かつ弓状紋等の影響に左右されず、しかも照合画像が登録画像に対して回転していても、両者の相対位置関係をパターンマッチング用に修正することを可能にする。

【構成】 照合画像中の指紋の照合特徴点と指紋隆線方向とからなる特徴量データを疑似回転ずれ量に基づいて変換し (S1~S4)、各登録特徴点を中心とした±m以内にありかつ方向量の差が±D以内にある照合特徴点を抽出し (S5)、全ての登録特徴点について所定の相対位置関係にある照合特徴点の個数を累積することで位置ずれマトリックスを作成する (S6)。これを疑似回転ずれ量を変更しつつ繰り返し実施し (S7, S8)、最大値を示すマス目にて位置ずれ量と回転ずれ量を求める (S9)。これをmを減少しつつ繰り返し実行して累積ずれ量を算出し (S10~S13)、相対位置修正手段に出力する (S14)。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 本人のものとして予め登録されている指紋の登録画像と、所定の画像読み込み範囲内に置かれた指から読み込んだ照合画像とをパターンマッチングにより比較して本人か否かを判断する際に、指の置き方等に起因する両者の位置ずれをパターンマッチング用に修正してから比較・判断する指紋照合装置において、照合画像から、指紋隆線に関する所定の特徴点と当該特徴点での隆線方向とからなる特徴量を抽出する特徴量抽出手段と、該照合画像から抽出した特徴量と登録画像に対する同様の特徴量とを相対角度を変更しつつ比較し、特徴点および隆線方向の一致度から、両画像の位置ずれ量と回転ずれ量とを算出する画像ずれ量算出手段と、該算出された位置ずれ量と回転ずれ量とに基づいて照合画像と登録画像との相対位置関係をパターンマッチング用に修正する相対位置修正手段とを備えることを特徴とする指紋照合装置。

【請求項2】 請求項1記載の指紋照合装置において、前記画像ずれ量算出手段が、登録画像と照合画像との相対角度を変更する相対角度変更手段と、登録画像の各特徴点を中心とした所定領域内にある照合画像の特徴点であって、その隆線方向と登録画像の特徴点の隆線方向とのなす角度が所定角度以内にある照合画像中の特徴点を、一致度の高い高一致度特徴点として抽出する高一致度特徴点抽出手段と、該高一致度特徴点と登録画像の各特徴点との相対位置関係と関連付けて該高一致度特徴点の出現頻度を累積する出現頻度累積手段と、該出現頻度累積手段による累積結果に基づいて登録画像に対する照合画像の位置ずれ量を決定する位置ずれ量決定手段と、当該位置ずれ量が決定されたときの前記相対角度変更手段による相対角度変更量に基づいて登録画像に対する照合画像の回転ずれ量を決定する回転ずれ量決定手段とを備えることを特徴とする指紋照合装置。

【請求項3】 請求項2記載の指紋照合装置において、前記画像ずれ量算出手段は、さらに、前記高一致度特徴点抽出手段における高一致度特徴点の抽出に用いる登録画像の各特徴点を中心とした所定領域を、最初は大きく設定し、次第に狭く変更しつつ、前記高一致度特徴点抽出手段による高一致度特徴点の抽出と、前記出現頻度累積手段による相対位置関係と関連付けた高一致度特徴点の出現頻度の累積と、前記位置ずれ量決定手段及び回転ずれ量決定手段による登録画像に対する照合画像の位置ずれ量及び回転ずれ量の決定を繰り返させる領域変更繰り返し手段と、該領域変更繰り返し手段による繰り返しの結果、前記位置ずれ量決定手段及び回転ずれ量決定手段により繰り返し決定される登録画像に対する照合画像の位置ずれ量及び回転ずれ量をそれぞれ累積し、該累積結果を位置ずれ量及び回転ずれ量とする画像ずれ量累積手段とを備えることを特徴とする指紋照合装置。

【請求項4】 請求項2又は請求項3記載の指紋照合装

2

置において、さらに、前記高一致度特徴点抽出手段により抽出された高一致度特徴点の抽出状況に基づいて各高一致度特徴点に対してファジィ推論による重み係数を付与する重み付け手段と、該重み付け手段により付与された重み係数を前記出現頻度累積手段による高一致度特徴点の出現頻度の累積に反映させる重み反映化手段とを備えることを特徴とする指紋照合装置。

【請求項5】 請求項4記載の指紋照合装置において、前記重み付け手段のファジィ推論には、指の押捺時における照合画像の実際の歪みや発汗量の差から生じる特徴点のずれ量及び隆線方向のずれ量を考慮して予め決定されているメンバーシップ関数を用いることを特徴とする指紋照合装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、本人のものとして予め登録されている指紋の登録画像と、所定の画像読み込み範囲内に置かれた指から読み込んだ照合画像とをパターンマッチングにより比較して本人か否かを判断する際に、指の置き方等に起因する両者の位置ずれをパターンマッチング用に修正してから比較・判断する指紋照合装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来より、パターンマッチングを用いた指紋照合装置において、指の置き方等に起因する画像のずれをパターンマッチング用に修正してから比較・判断するものが知られており、例えば特開平1-213765号公報記載のものがある。

【0003】 この公報に記載された指紋照合装置では、登録画像および新たに入力した照合画像のそれぞれの二値化情報から、所定部分の隆線方向に関する情報を抽出し、両者を渦巻状にずらしながら部分的なパターンマッチングを行ない、最も一致度の高い場合を捜すことで登録画像と照合画像の位置ずれ量を算出し、修正を行なうという手法が提案されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、この方法では、隆線方向を算出するに当たって隆線の追跡を行なう必要があるため、ソフトウェアで対処するには多大な処理時間を要し、ハードウェア化するには装置構成が複雑になるという問題があった。

【0005】 また、弓状紋の指紋や指先部分など隆線方向が一方向となる画像では、こうしたパターンマッチングによってずれを算出し、修正しようとする手法では、位置ずれ量が算出できなくなるという問題もあった。さらに、指紋画像が回転している場合には正しい位置ずれ量を算出することが困難であるという問題もあった。

【0006】 本発明の指紋照合装置は、装置の複雑化や処理時間の長大化を招くことなく、かつ弓状紋等の影響に左右されず、しかも照合画像が登録画像に対して回転

3

していても、両者の相対位置関係をパターンマッチング用に修正することができることを目的として完成された。

【0007】

【課題を解決するための手段及び作用】かかる目的を達成するためになされた本発明は、請求項1に記載の通り、本人のものとして予め登録されている指紋の登録画像と、所定の画像読み込み範囲内に置かれた指から読み込んだ照合画像とをパターンマッチングにより比較して本人が否かを判断する際に、指の置き方等に起因する両者の位置ずれをパターンマッチング用に修正してから比較・判断する指紋照合装置において、照合画像から、指紋隆線に関する所定の特徴点と当該特徴点での隆線方向とからなる特徴量を抽出する特徴量抽出手段と、該照合画像から抽出した特徴量と登録画像に対する同様の特徴量とを相対角度を変更しつつ比較し、特徴点および隆線方向の一致度から、両画像の位置ずれ量と回転ずれ量とを算出する画像ずれ量算出手段と、該算出された位置ずれ量と回転ずれ量とに基づいて照合画像と登録画像との相対位置関係をパターンマッチング用に修正する相対位置修正手段とを備えることを特徴とする。

【0008】本発明の指紋照合装置によれば、特徴量抽出手段により照合画像から抽出された指紋隆線に関する所定の特徴点と当該特徴点での隆線方向とからなる特徴量と、登録画像に対する同様の特徴量とを、画像ずれ量算出手段にて相対角度を変更しつつ比較し、特徴点および隆線方向の一致度から、両画像の位置ずれ量と回転ずれ量とを算出する。そして、相対位置修正手段が、この位置ずれ量と回転ずれ量とに基づいて照合画像と登録画像との相対位置関係をパターンマッチング用に修正する。

【0009】ここでいう特徴点には、例えば指紋隆線の端点や分岐点等が相当する。従って、抽出される特徴量は、この端点や分岐点とそこでの隆線方向である。端点は指紋の山の部分を細線化処理したときの端点として簡単に特定でき、分岐点も指紋の谷の部分を細線化処理したときの端点から簡単に特定でき、また、隆線方向は、特徴点である端点より数画素の画素追跡を行ない、その曲線の接線又は最小2乗法による近似直線などから方向を決定することができる。

【0010】また、位置と方向とからなる特徴量を用いることと、この特徴量を両画像の相対角度を変更しつつ比較することにより、弓状紋等に影響されることなく、簡単・確実に位置ずれ量と回転ずれ量の両方を算出することができるのである。この様に、本発明の指紋照合装置は、上述した構成・作用を備えた請求項1記載の指紋照合装置として完成されている。しかし、本発明はこれに留まらず、より具体的な技術思想としても完成されている。

【0011】例えば、請求項1記載の指紋照合装置にお

4

いて、前記画像ずれ量算出手段が、登録画像と照合画像との相対角度を変更する相対角度変更手段と、登録画像の各特徴点を中心とした所定領域内にある照合画像の特徴点であって、その隆線方向と登録画像の特徴点の隆線方向とのなす角度が所定角度以内にある照合画像中の特徴点を、一致度の高い高一致度特徴点として抽出する高一致度特徴点抽出手段と、該高一致度特徴点と登録画像の各特徴点との相対位置関係と関連付けて該高一致度特徴点の出現頻度を累積する出現頻度累積手段と、該出現頻度累積手段による累積結果に基づいて登録画像に対する照合画像の位置ずれ量を決定する位置ずれ量決定手段と、当該位置ずれ量が決定されたときの前記相対角度変更手段による相対角度変更量に基づいて登録画像に対する照合画像の回転ずれ量を決定する回転ずれ量決定手段とを備えることを特徴とする指紋照合装置として具体化することができる。

【0012】この請求項2記載の指紋照合装置によれば、出現頻度累積手段が、登録画像の各特徴点（登録特徴点）との相対位置関係と関連付けて高一致度特徴点の出現頻度を累積する。この累積結果は、全部の登録特徴点を一点に集めた場合に高一致度特徴点がどの様な位置ずれ関係に分布しているかを示すこととなり、位置ずれ関係の判断指標を与える。従って、この累積結果に基づいて、位置ずれ量決定手段が登録画像に対する照合画像の位置ずれ量を決定することができる。

【0013】ここで、請求項2記載の発明の特徴を抽出するならば、それは、真に対応する特徴点同士の位置ずれ関係を直接求めようとするのではなく、全体の関係の中から真に対応するであろう特徴点同士の位置ずれ関係として間接的に位置ずれ関係を求めようとするという点にある。これに対し、特開平1-213765号公報記載の装置は直接的な手法を用いていた。このため、弓状紋等の場合に真に対応する特徴点を特定できなくなって算出不能となるか、あるいは誤った対応関係に基づいて誤った位置ずれ量を算出することとなる場合があった。しかし、請求項2記載の発明によれば、間接的な手法を用い、全体で位置ずれを把握することにより、かかる不具合は発生しない。

【0014】この請求項2記載の指紋照合装置によれば、画像ずれを表すもう一つのパラメータである回転ずれ量は、当該位置ずれ量が決定されたときの相対角度変更手段による相対角度変更量に基づいて決定される。これは、相対角度変更手段により回転ずれが解消すれば位置ずれのみの関係となり、位置ずれ関係が最も際だって現れるという関係に基づくものである。つまり、位置ずれ量が決定できる様に位置ずれ関係が際だたされたときというのは、回転ずれ量に見合った相対角度変更がなされて回転ずれが解消したときと考えることができるから、相対角度変更手段による相対角度変更量をもって回転ずれ量とすることができるのである。これは、画像の

5

相対角度を変更しつつ比較判断するという従来にない新規な構成を採用することにより達成し得ることとなったものである。

【0015】また、本発明は、この請求項2記載の指紋照合装置において、前記画像ずれ量算出手段は、さらに、前記高一致度特徴点抽出手段における高一致度特徴点の抽出に用いる登録画像の各特徴点を中心とした所定領域を、最初は大きく設定し、次第に狭く変更しつつ、前記高一致度特徴点抽出手段による高一致度特徴点の抽出と、前記出現頻度累積手段による相対位置関係と関連付けた高一致度特徴点の出現頻度の累積と、前記位置ずれ量決定手段及び回転ずれ量決定手段による登録画像に対する照合画像の位置ずれ量及び回転ずれ量の決定を繰り返させる領域変更繰り返し手段と、該領域変更繰り返し手段による繰り返しの結果、前記位置ずれ量決定手段及び回転ずれ量決定手段により繰り返し決定される登録画像に対する照合画像の位置ずれ量及び回転ずれ量をそれぞれ累積し、該累積結果を位置ずれ量及び回転ずれ量とする画像ずれ量累積手段とを備えることを特徴とする指紋照合装置としても具体的に完成している。

【0016】これは請求項3記載の発明であり、最初は広い範囲についてずれ量を求めることにより、誤った対応点が集中している場合の影響を希釈化すると共に、最終的には高精度のずれ量算出を行うに適している。本発明においては、さらにこの請求項2又は請求項3記載の指紋照合装置を発展させ、より柔軟かつ高精度の判断を可能にするため、さらに、前記高一致度特徴点抽出手段により抽出された高一致度特徴点の抽出状況に基づいて各高一致度特徴点に対してファジィ推論による重み係数を付与する重み付け手段と、該重み付け手段により付与された重み係数を前記出現頻度累積手段による高一致度特徴点の出現頻度の累積に反映させる重み反映化手段とを備えることを特徴とする指紋照合装置をも完成している。

【0017】この装置は請求項4に記載のものであり、ファジィ推論の結果を反映することにより、請求項2又は請求項3記載の装置における精度の一層の向上を図ることができる。なお、請求項3記載の装置の改良として適用する場合には、領域変更繰り返し手段による最終段階の処理においてファジィ推論を適用することとすれば、演算条件等の複雑化を招くことなく精度向上を図ることができる。

【0018】また、この請求項4記載の指紋照合装置において、前記重み付け手段のファジィ推論には、指の押捺時における照合画像の実際の歪みや発汗量の差から生じる特徴点のずれ量及び隆線方向のずれ量を考慮して予め決定されているメンバーシップ関数を用いることとすれば、一層的確な判断をなし得る。

【0019】

【実施例】次に、本発明の指紋照合装置を適用した好適

6

な実施例について、図面に基づき説明する。実施例の指紋照合装置は、図1に概要を示す様に、所定の画像読み込み範囲1内に置かれた指3から照合対象となる指紋の画像（照合画像）を読み込むCCDカメラ等の画像読み込み手段5と、この照合画像から汗腺孔などのノイズとなる部分を除去する画像前処理手段7と、この前処理が済んだ照合画像の指紋の山と谷とを細線で表現する細線化処理を実施する画像細線化手段9と、細線化された照合画像から指紋隆線の端点や分岐点といった特徴点の位置座標 $M(x, y)$ と特徴点における隆線方向 d とからなる照合画像の特徴量を抽出する特徴量抽出手段11と、この照合画像から抽出した特徴量と、本人の指紋として図示しない登録手段に登録してある画像（登録画像）に対する同様の特徴量とを相対角度を変更しつつ比較し、特徴点の位置座標 $M(x, y)$ および隆線方向 d の一致度から、両画像の位置ずれ量と回転ずれ量を算出する画像ずれ量算出手段13と、こうして算出された位置ずれ量と回転ずれ量とに基づいて照合画像と登録画像との相対位置関係をパターンマッチング用に修正する相対位置修正手段15と、その後パターンマッチングにより照合画像と登録画像の照合を行なう照合手段17と、この照合結果に基づいて本人か否かの判定を行なう判定手段19とを備えている。

【0020】ここで、特徴量抽出手段11における特徴量の抽出においては、指紋隆線の端点は、指紋の山から得られた細線の端点を捜すことで簡単に特定することができる。また、指紋隆線の分岐点は、指紋の谷から得られた細線の端点を捜せば、それに対する山の分岐点を特定することができるから、これも簡単に特定することができる。従って、特徴点の位置座標 $M(x, y)$ は簡単に求められる。そして、これらの点での隆線方向 d は、細線の接線を求めるとか、特徴点近傍の細線の最小2乗法による直線近似等から特定するといった簡単な処理により求めることができる。

【0021】こうして得られた特徴量は、図5に黒丸と矢印とで例示した様に、照合画像全体から多数抽出される。なお、黒丸は、画像読み込み範囲1の中心を原点とした xy 座標系の中で上述の位置座標 $M(x, y)$ を特定される。また、図中に点線の白丸と矢印で示したのは、登録画像から抽出され、登録手段に予め記憶されている特徴量である。後述の処理においては、この黒丸と点線白丸との位置ずれ量や矢印同士の回転ずれ量が算出されるのである。そして、この例では実際の黒丸と矢印で示した特徴量が記載されているが、これは、真の隆線の端点ではなく、画像読み込みの際の不鮮明部分等に起因した隆線の切れ等が、特徴点に関するものとして誤って採用された情報を表している。後述の処理においては、こうした誤った情報に左右されずに正しい位置ずれ量と回転ずれ量とを算出できる様な工夫もなされている。

【0022】次に、画像ずれ量算出手段13における照合画像と登録画像との位置ずれ量と回転ずれ量とを算出する処理について、図2のフローチャートに基づいて説明する。この処理を開始するに当たっては、照合画像が登録画像に対してどの程度の位置ずれ・回転ずれをしているかが不明であることから、まず、疑似位置ずれ量 x_s, y_s に値「0」を設定する(S1)。この疑似位置ずれ量 x_s, y_s が「0」であるということは、照合画像と登録画像には位置ずれがないという仮定を前提条件として以下の処理が実行されるということを意味している。従って、この処理段階では、両画像は、画像読み込み範囲1の中心を原点とする xy 座標系内の情報として*

*認識されていることになる。

【0023】続いて、位置ずれ検索範囲 m に対して所定値 A_0 を設定し(S2)、疑似回転ずれ量係数 n に初期値 $-N$ を設定する(S3)。そして、ここまでの設定に基づいて、照合画像側の特徴量の内の特徴点位置座標 $M(x, y)$ を数1に基づいて角度 $n\theta$ だけ回転した検索用位置座標 $M'(x', y')$ に変換し、隆線方向 d を数2に基づいて角度 $n\theta$ だけ回転した検索用方向量 d' に変換する(S4)。

【0024】

【数1】

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(n\theta) & -\sin(n\theta) \\ \sin(n\theta) & \cos(n\theta) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{pmatrix}$$

【0025】

【数2】

$$d' = d + F(n\theta)$$

【0026】ここで、 $\Delta x, \Delta y$ は、回転中心点の画像中心点からのずれ量である。なお、本発明では $(\Delta x, \Delta y) = (\text{位置ずれ量})$ であるから、疑似位置ずれ量 x_s, y_s を「0」に設定したので無視される。また、 F は所定の関数である。次に、S4にて変換された照合画像の特徴点 MV_0, MV_1, \dots の内、図3に示す様に、登録画像のある特徴点 MR_0 を中心とした xy 方向に $\pm m$ の範囲内にある特徴点 MV_0, MV_1, MV_2 を選出すると共に、これらの隆線方向 dv_0, dv_1, dv_2 と登録画像の隆線方向 dr_0 との差が所定の閾値 D 内に収まっているものを選出する(S5)。このS5の処理における選出条件を式で表すと、数3となる。

【0027】

【数3】

$$|dv - dr| < |D|$$

かつ、

$$|xv - xr| < |m|$$

かつ、

$$|yv - yr| < |m|$$

【0028】こうしてS5の処理を経ることにより、図3の例でいうと照合画像の二つの特徴点 MV_0, MV_1 が選出される。なお、以下の説明においては、照合画像中の特徴点を照合特徴点といい、登録画像中の特徴点を登録特徴点と呼んで両者を区別する。

【0029】続く処理においては、この選出された照合特徴点 MV_0, MV_1 が、登録特徴点 MR_0 を中心とした xy 方向へ $\pm m$ の範囲内を 1×1 にさらに細かく区切ったマス目のどこに存在するかという情報を記憶することで位置ずれ量ヒストグラムを作成する(S6)。位置ずれ量ヒストグラムは、具体的には図4に示す様な位置ずれマトリックスとなる。

20

30

40

50

【0030】このS5、S6の処理は、個々の登録特徴点毎に実施され、数3を満足する照合特徴点がある度に、位置ずれマトリックスの対応するマス目をインクリメントし、疑似位置ずれ量 $(x_s, y_s) = (0, 0)$ かつ疑似回転ずれ量 $-N\theta$ という条件についての位置ずれ量ヒストグラムが完成されるのである。

【0031】そして、このS4～S6の処理を、疑似回転ずれ量 $-N\theta \sim N\theta$ の範囲について、回転量検索分解能 θ' ごとに繰り返し実施し(S7、S8)、それぞれの条件での位置ずれ量ヒストグラムを完成したら、全部のヒストグラムの中から、最大値を示すマス目を捜し、そのマス目の位置を照合画像の登録画像に対する位置ずれ量として決定し、かつそのマス目を有するヒストグラム作成条件である疑似回転ずれ量を照合画像の登録画像に対する回転ずれ量として決定する(S9)。なお、このS9で決定された位置ずれ量と回転ずれ量を、区別のために今回位置ずれ量および今回回転ずれ量と呼び、両者を併せて今回ずれ量と呼ぶ。そして、この今回位置ずれ量と今回回転ずれ量とを、それまで記憶されていた累積位置ずれ量と累積回転ずれ量とにそれぞれ加算して、現在の累積ずれ量を算出する(S10)。

【0032】第1回目では、今回位置ずれ量および今回回転ずれ量がそのまま累積位置ずれ量および累積回転ずれ量になる。次に、現在設定されている位置ずれ検索範囲 m が、最小検索範囲 A_s 以下であったか否かを判断する(S11)。ここで、位置ずれ検索範囲 m が最小検索範囲 A_s 以下でない場合は、S9の処理にて決定されている今回位置ずれ量と今回回転ずれ量とに基づいて各照合特徴点の位置座標 $MV(x, y)$ および隆線方向 dv を数1、数2にて変換し、これを次に繰り返される処理における照合画像の情報とする(S12)。なお、S12の処理の結果の各照合特徴点及びその方向量を最初の照合画像との関係で比較すれば、数1の $(\Delta x, \Delta y)$ には累積位置ずれ量が、 $n\theta$ には累積回転ずれ量が代入されたことになる。そして、現在設定されている位置ず

れ検索範囲 m を所定量 $A1$ だけ小さい範囲に変更して(S13)、S3以下の処理を繰り返し実行し、S10の処理にて累積位置ずれ量と累積回転ずれ量とを更新していく。

【0033】こうして、位置ずれ検索範囲 m が、最小検索範囲 A_s 以下になった場合は、S10の処理にて記憶・更新された累積位置ずれ量と累積回転ずれ量とを相対位置修正手段15に出力して処理を終了する(S14)。以上説明した本実施例においては、位置ずれ量と回転ずれ量とを算出するに当り、初期段階では位置ずれ検索範囲 m を広く設定し($m=A0$)、最終段階ではこれを狭くする($m=A_s$, $A_s < A0$)という手法を採用している。これにより、位置ずれ量ヒストグラムの一マスの大きさが初期には大きく、最終段階では小さくなる。これは、初期段階では位置ずれ量が不明であるため広範囲を検索しなければならない一方で、図5のB領域に見られるような隆線の切れなどにより発生する誤対応点 Mer による誤った情報の影響を少なくするためである。このことを図6を使って詳細に説明する。

【0034】指紋隆線の特徴点の座標値 $M(x, y)$ は、画像読み込み範囲1に指を置いたときの単純な位置ずれだけでなく、指を押圧した時の歪みや指表面の発汗量等により特徴点個々に多少変化する。従って、現実には、各照合特徴点 MV ごとに登録特徴点 MR に対する位置ずれ量や回転ずれ量が微妙に異なっている。

【0035】図6において、(A)の位置ずれ量ヒストグラムは 4×4 の位置ずれマトリックスの一マスを小さくしたときに図5の例から抽出される結果を模式的に表しており、(B)は一マスを大きくしたときの結果を模式的に表している。この図から明らかなように、位置ずれ量ヒストグラムの一マスが小さい場合には、図5の誤対応点 Mer は比較的近くにかたまっていることから、これらがあるマス目に集中してカウントされる。しかし、真の照合特徴点 MV はかたまっている訳ではないからあちこちのマス目に分散されてカウントされることになる。

【0036】このため、(A)の場合は誤対応点 Mer によるカウント値“4”のマス目から位置ずれ量が決定されることになり、誤った位置ずれ量を算出してしまふ。これに対し、(B)の場合は一マスを十分に大きくとったので、真の照合特徴点 MV は同一のマス目内にカウントされ、値“8”となることから、このマス目から位置ずれ量が決定される。

【0037】この様に、実施例で採用した位置ずれ検索範囲 m を大きめの値から次第に小さ目の値に変えつつずれ量を算出する構成では、誤対応点 Mer に影響することなく、正しいずれ量を算出することができるのである。そして、こうして誤った判断を避けつつ、処理の最終段階では、最小検索範囲 A_s にて、十分な位置ずれ量検出精度が保証されるのも特徴である。

【0038】次に、第2実施例を説明する。第2実施例は、図2に示した処理の第1段階($m=A0$ の段階)で、図4の位置ずれマトリックスの中の「1」の値を大きく $1=1r$ と設定することにより、一つ一つのマス目を狭く設定する。なお、値 $1r$ は、一マスの大きさが、第1実施例で最終段階として予定していた $m=A_s$ の時のマトリックスの大きさの $1/2$ になる様に決定する。これは第1実施例と同一精度で位置ずれ量と回転ずれ量とを算出するためである。

【0039】そして、図7に示す様に、「全体としては大きいが一マスが狭い」位置ずれマトリックス表201を作成した後に、図示点線の様に隣接する $3 \times 3=9$ 個のマス目201a内のカウント値を加算することで新たな位置ずれマトリックス表202を作成する。そして新たな位置ずれマトリックス表202の中で最大値“15”を示すマス目202aと、それに隣接するマス目202b~202dとを抽出し、元々の一マスが狭い状態でのカウント値を表示した 4×4 の位置ずれマトリックス表203を作成する。最後に、この 4×4 の位置ずれマトリックス表203について、図示点線の様に隣接する $2 \times 2=4$ 個のマス目203a内のカウント値を加算することで、 3×3 の最終の位置ずれマトリックス表204を完成する。

【0040】この様にして完成された最終の位置ずれマトリックス表204は、目標とする位置ずれ量検出精度($m=A_s$ の時の位置ずれマトリックスの領域に対応し、第1実施例と同じ精度)でのずれ量の判断をすることができる状態になっている。従って、位置ずれマトリックス表201を作成した疑似回転ずれ量については、最終の位置ずれマトリックス表204の最大値“10”を示すマス目204aによって位置ずれ量を特定することができる。そして、各疑似回転ずれ量について作成し、それぞれの位置ずれ量として特定したマス目のカウント値同士を比較し、その最大値を示すマス目を求めるべき照合画像の位置ずれ量として特定する。そして、この照合画像の位置ずれ量を特定できたときの疑似回転ずれ量を照合画像の回転ずれ量として特定する。

【0041】この第2実施例の方式では、登録特徴点に対応する照合特徴点の検索が1度でよいため、指紋画像中に特徴点が多量に存在する場合に、処理時間を短縮することができるという効果を奏する。しかも、結果的には第1実施例と同様に、誤対応点 Mer の影響による誤判断を避けつつ、十分な位置ずれ量検出精度が保証される。

【0042】以上説明した様に第1、第2実施例の指紋照合装置によれば、ずれ量算出のために用いる特徴量は、指紋の隆線の端点や分岐点の位置座標 $M(x, y)$ とそこでの隆線方向 d とからなるものであるから、細線化処理等によって簡単に求めることができる。従って、装置の複雑化や処理時間の長大化を招くことがない。そ

して、こうした特徴量を用いて照合画像と登録画像の相対位置を変更しつつ特徴量同士を比較して位置ずれマトリックスからなる位置ずれ量ヒストグラムを作成し、位置ずれ量と回転ずれ量とを算出する構成を採用したから、弓状紋等の影響に左右されないと共に、照合画像が登録画像に対して回転していても、両者の相対位置関係をパターンマッチング用に修正することができる。

【0043】なお、誤対応点による影響の問題は、部分的に抽出した特徴量同士を比較するのではなく、指紋全体から複数抽出した特徴量同士を比較し、それぞれのある検索範囲 m 内での照合画像と登録画像の特徴量同士の一致度を基準にずれ量を算出する構成としたことによっても解決されている。

【0044】次に、第3実施例を説明する。第3実施例は、全体としては第1実施例で説明した図2のフローチャートと同様であるが、図8に示す様に、検索範囲 m が最小検索範囲 A_s 以下になった後に、S11の処理とS14の処理の間にファジィ推論適用処理S15を挿入することでさらに精度の向上を図ったものである。ファジィ推論適用処理S15は、図9に示すフローチャートに沿って実行される。

【0045】このファジィ推論適用処理においては、擬似ずれ量、即ち擬似回転ずれ量 $n\theta$ 及び擬似位置ずれ量 (x_s, y_s) に初期値を設定する(S21)。擬似回転ずれ量の初期値には、第1実施例のS3と同様に、 $-N\theta$ を設定する。また、擬似位置ずれ量 (x_s, y_s) の初期値には、図10に示した位置ずれマトリックス表300の左上のマス目300_{1,1}の中心点座標 $(-m+m/l, -m+m/l)$ を設定する。なお、図10は、検索範囲 m が最小検索範囲 A_s になった時点での 1×1 の位置ずれマトリックス表300について、各マス目300_{1,1}, 300_{1,2}, ..., 300_{l,1-l}, 300_{l,1}の中心点の座標を記入した説明図である。

【0046】次に、設定された擬似回転ずれ量 $n\theta$ 及び擬似位置ずれ量 (x_s, y_s) に基づいて照合画像の特徴量データを数1、数2にてデータ変換する(S22)。そして、登録画像中に全部で I 個ある登録特徴点の中の一つを特定するための登録番号 j に「1」を設定すると共に、当該登録番号 j により特定された登録特徴点に関するファジィ推論結果の得点最大値 $P1$ に値「0」を設定し、さらにこの得点最大値 $P1$ を今回の擬似回転ずれ量及び擬似位置ずれ量のときの I 個全部の特徴点について累積した得点総和値 $S0$ に値「0」を設定する(S23)。

【0047】続いて、照合画像中に全部で J 個ある照合特徴点を特定するための照合番号 j に「1」を設定する(S24)。次に、1番目の登録特徴点と j 番目の照合特徴点とを比較したときのファジィ推論による今回得点 $P0$ を算出する(S25)。そして、算出した今回得点 $P0$ と現在記憶されている得点最大値 $P1$ との大小を比

較し、得点最大値 $P1$ が今回得点 $P0$ を含めて最大値となる様に更新する(S26, S27)。

【0048】このS25～S27の処理は、照合番号 j が「 J 」になるまで照合番号 j をインクリメントしつつ繰返し実行される(S28, S29)。こうして1番目の登録特徴点と $j=1 \sim J$ の全ての照合特徴点とを比較して得点最大値 $P1$ が算出されたら、この得点最大値 $P1$ を、現在設定されている得点総和値 $S0$ に加算する(S30)。

10 【0049】次に、登録番号 i が「 I 」になるまで登録番号 i をインクリメントしつつS24～S30の処理を繰返す(S31, S32)。こうして登録番号 $i=1 \sim I$ の各登録特徴点についての得点最大値 $P1$ をすべて足した得点総和値 $S0$ が求められる。この得点総和値 $S0$ は、S22の処理におけるデータ変換の条件である擬似回転ずれ量 $n\theta$ 及び擬似位置ずれ量 (x_s, y_s) と関係付けて一時記憶される(S33)。

【0050】次に、全て擬似ずれ量について演算が終了したか否か、即ち、擬似回転ずれ量 $n\theta = -N\theta \sim N\theta$ 及び擬似位置ずれ量 $(x_s, y_s) = (-m+m/l, -m+m/l) \sim (m-m/l, m-m/l)$ についての各組合せでの全演算を終了したか否かを判定し(S34)、このS34の判定が「YES」となるまで「擬似ずれ量」、即ち「擬似回転ずれ量 $n\theta$ と擬似位置ずれ量 (x_s, y_s) の組合せ」を変更しつつS22以下の処理を繰返し実行する(S35)。

【0051】そして、S34の判定が「YES」になったら、各擬似回転ずれ量 $n\theta$ と擬似位置ずれ量 (x_s, y_s) の組合せに関係付けて一時記憶された各得点総和値 $S0$ 同士を比較し、この得点総和値 $S0$ が最大値を示す擬似回転ずれ量 $n\theta$ と擬似位置ずれ量 (x_s, y_s) の組合せを抽出し(S36)、これを図8のS10の処理までに累積されていた回転ずれ量及び位置ずれ量に累積して図8のS14の処理に戻り(S37)、この最終的な累積回転ずれ量及び累積位置ずれ量を相対位置修正手段15に出力して処理を終了する(S14)。

【0052】次に、このファジィ推論適用処理において使用するメンバーシップ関数について図11に基づき説明する。メンバーシップ関数は、入力側第1メンバーシップ関数101と、入力側第2メンバーシップ関数102と、出力側メンバーシップ関数103とからなる。

【0053】入力側第1メンバーシップ関数101は「登録特徴点の方向量と照合特徴点の方向量の差」をパラメータとした関数である。そして、関数F20は「方向量の差から推定するにおいて、対比している照合特徴点是对比されている登録特徴点に対する真の対応点らしいこと」を意味し、関数F21は「方向量の差から推定するにおいて、対比している照合特徴点是对比されている登録特徴点に対するあいまいな対応点らしいこと」を意味し、関数F22は「方向量の差から推定するにおい

13

て、対比している照合特徴点は対比されている登録特徴点に対する偽の対応点らしいこと」を意味する。

【0054】この入力側第1メンバーシップ関数101は、次の様にして予め求められ設定されている。まず、登録された指紋の画像の本人の指を複数回入力して複数の照合画像を得る。次に、登録画像と照合画像の回転ずれ量や位置ずれ量を人間がマニュアル操作することにより算出し、照合画像を登録画像と同じ方向・同じ位置にて重なる様に補正する。その後、登録画像中の特徴点に真に対応する照合画像中の特徴点を人間が指定し、両者の方向量の差を算出し、この算出結果により入力側第1メンバーシップ関数101が決定できる。つまり、指を入力面に押捺する際の実際の歪みや発汗量の差から生じる画質変化によって照合特徴点の隆線又は谷線の方向量がどの様に変わるかを予め求め、その結果を反映したメンバーシップ関数を決定し、設定しておくのである。

【0055】また、入力側第2メンバーシップ関数102は「登録特徴点の座標値と照合特徴点の座標値の差」をパラメータとした関数である。そして、関数F23は「座標値の差から推定するにおいて、対比している照合特徴点是对比されている登録特徴点に対する真の対応点らしいこと」を意味し、関数F24は「座標値の差から推定するにおいて、対比している照合特徴点是对比されている登録特徴点に対するあいまいな対応点らしいこと」を意味し、関数F25は「座標値の差から推定するにおいて、対比している照合特徴点是对比されている登録特徴点に対する偽の対応点らしいこと」を意味する。この入力側第2メンバーシップ関数102も、方向量の差についてと同様に、予め人間の操作により算出され、決定される。

【0056】一方、出力側メンバーシップ関数103は、左側へいくほど得点が小さくなり、右側へいくほど得点が大きくなる関係の関数である。関数F26～F29は、関数F20～F25との関係において、数4のルールにより、発明者が経験的に決定した得点を表すものである。

【0057】

【数4】

- ルール1: F20及びF23ならば、F29
- ルール2: F21及びF23ならば、F28
- ルール3: F22及びF23ならば、F26
- ルール4: F20及びF24ならば、F28
- ルール5: F21及びF24ならば、F27
- ルール6: F22及びF24ならば、F26
- ルール7: F20及びF25ならば、F26
- ルール8: F21及びF25ならば、F26

【0058】また、ファジィ推論の手法としては一般的な「最大/最小演算手法(MAX/MIN opera

14

tion)」を用い、入力側メンバーシップ関数101、102から出力側メンバーシップ関数103の得点P0を決定することとしている。

【0059】例えば図示の様に、方向量の差 Δd_i 、座標値の差 $\Delta x y_i$ があることが分かった場合、入力側第1メンバーシップ関数101からは関数F20上の重み「0.6」と関数F21上の重み「0.4」とが算出され、入力側第2メンバーシップ関数102からは関数F23上の重み「0.3」と関数F24上の重み「0.7」とが算出される。

【0060】このとき採用されるルールは、ルール1、ルール2、ルール4、ルール5となる。そこで、まずルール1について見ると、「最大/最小演算手法」の結果、重みは「0.3」となる。この重み「0.3」で関数F29を上下に分割し、この下側の部分の面積 A_{1-1} とその重心位置の得点 P_{1-1} とを求める。また、ルール2については、「MAX/MIN operation」の手法により、同じ重み付け関数のより重み付けの大きいルール4が選択されるため、面積 A_{1-2} 及び重心位置の得点 P_{1-2} は演算しない。ルール4について重み「0.6」で関数F28を上下に分割した下側の部分の面積 A_{1-4} 及び重心位置の得点 P_{1-4} を求め、ルール5について重み「0.4」で関数F27を上下に分割した下側の部分の面積 A_{1-5} 及び重心位置の得点 P_{1-5} を求める。そして、これら面積 A_{1-1} 、 A_{1-4} 、 A_{1-5} の全体の面積重心に当たる得点 P_0 を求める。ただし、面積 A_{1-1} と面積 A_{1-4} の重複する面積分は、面積 A_{1-4} から削除しておく。

【0061】この全体の面積重心の得点 P_0 が、ファジィ推論適用処理におけるS26の処理で求めるべき今回得点P0になる。以上説明した第3実施例によれば、最終段階でファジィ推論を適用することにより、一層の精度向上が可能になる。なお、最初の検索範囲の広い段階からファジィ推論を適用することも可能であるが、広い範囲を検索する場合にはファジィ推論を適用しない方が処理が簡単でそれなりの精度を得ることもできる。従って、ファジィ推論を適用するに当たっては、第3実施例の如く、最終段階の精度向上を目的とした手法が望ましい。特に、図11に示したマトリックスの一マス(の大きさ $(2m/1) \times (2m/1)$)の中の画素数が20以下のときに適用する様構成するとよい。

【0062】以上本発明の実施例について説明したが、本発明はこの様な実施例になら限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において種々なる態様で実施し得ることは勿論である。例えば、第1実施例においては、段階的に算出した位置ずれ量と回転ずれ量とを累積した累積位置ずれ量と累積回転ずれ量を算出することとしたが、精度をアップする段階で特徴量を変換するときに、併せてパターンマッチング用画像としての照合画像も、その都度、変換・更新していく構成とすれ

ば、累積結果を算出するまでもない。

【0063】また、照合画像の位置を修正するのではなく、登録画像の位置を修正してパターンマッチング処理をすることとしてもよいし、ずれ量の算出に当たって、登録画像側を回転させつつ位置ずれヒストグラムを作成していても構わないことはいうまでもない。

【0064】さらに、第3実施例では、ファジィ推論に当たって「最大／最小演算法」を用いたがそれ以外の演算法を用いてもよいことはいうまでもなく、演算に用いるルールやメンバーシップ関数も実施例のものに限定されるものではないことはもちろんである。

【0065】加えて、最終段階以外の段階でもファジィ推論を適用して構わない。また、第2実施例の第1段階の位置ずれマトリックス表201を作成するときにファジィ推論を適用することとしてもよい。

【0066】

【発明の効果】以上詳述したように本発明の指紋照合装置によれば、指紋隆線に関する所定の特徴点と当該特徴点での隆線方向とからなる特徴量を抽出し、照合画像と登録画像とを相対角度を変更しつつこの特徴量同士を比較し、特徴点および隆線方向の一致度から、両画像の位置ずれ量と回転ずれ量とを算出する構成を採用したから、装置の複雑化や処理時間の長大化を招くことがなく、かつ弓状紋等の影響に左右されず、しかも照合画像が登録画像に対して回転していても、両者の相対位置関係をパターンマッチング用に修正することができる。

【0067】また、請求項2記載の指紋照合装置によれば、真に対応する特徴点同士の位置ずれ関係を直接求めようとするのではなく、全体の関係の中から真に対応するであろう特徴点同士の位置ずれ関係として間接的に位置ずれ関係を求めようとするという特徴を有し、弓状紋等の場合に真に対応する特徴点を特定できなくなって算出不能となったり、誤った対応関係に基づいて誤った位置ずれ量を算出することとなるおそれがない。

【0068】さらに、請求項3記載の指紋照合装置によれば、最初は広い範囲についてずれ量を求めることにより、誤った対応点が集中している場合の影響を希釈化すると共に、最終的には高精度のずれ量算出を行うことができる。また、請求項4記載の指紋照合装置によれば、ファジィ推論の結果を反映することにより、請求項2又は請求項3記載の装置における精度の一層の向上を図ることができる。

【0069】加えて、請求項5記載の指紋照合装置によれば、ファジィ推論には、指の押捺時における照合画像の実際の歪みや発汗量の差から生じる特徴点のずれ量及び隆線方向のずれ量を考慮して予め決定されているメンバーシップ関数を用いることとすることにより、一層的確な判断をなし得る。

【図面の簡単な説明】

【図1】 実施例の構成を示すブロック図である。

【図2】 第1実施例におけるずれ量算出処理のフローチャートである。

【図3】 照合画像と登録画像とで特徴量同士を比較する様子を示す説明図である。

【図4】 比較の結果作成される位置ずれマトリックスを例示する説明図である。

【図5】 登録画像の特徴量と照合画像の特徴量と誤情報としての特徴量との関係を例示する説明図である。

【図6】 第1実施例の効果を示す説明図である。

【図7】 第2実施例での処理手法を示す説明図である。

【図8】 第3実施例におけるずれ量算出処理のフローチャートである。

【図9】 第3実施例におけるファジィ推論適用処理のフローチャートである。

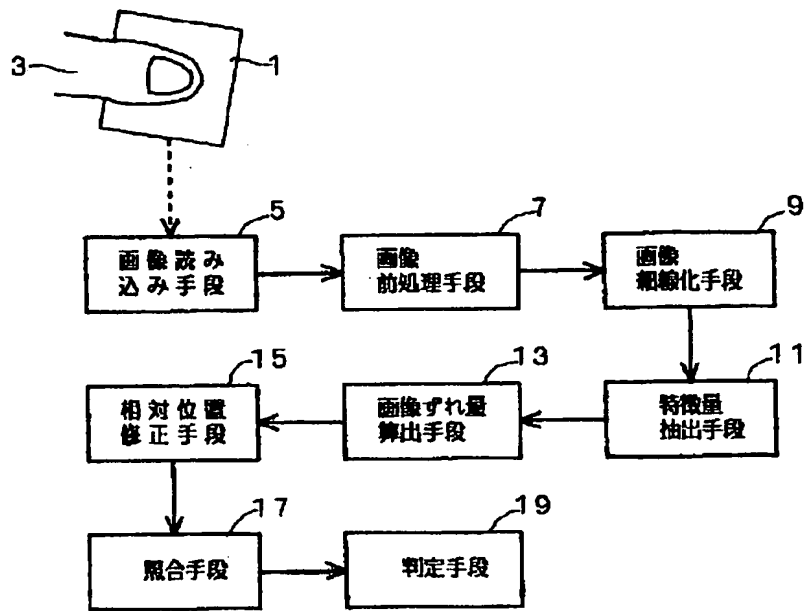
【図10】 検索範囲mが最小検索範囲Asになった時点での1×1の位置ずれマトリックスについて、各マス目の中心点の座標を記入した説明図である。

【図11】 ファジィ推論適用処理において使用するメンバーシップ関数の説明図である。

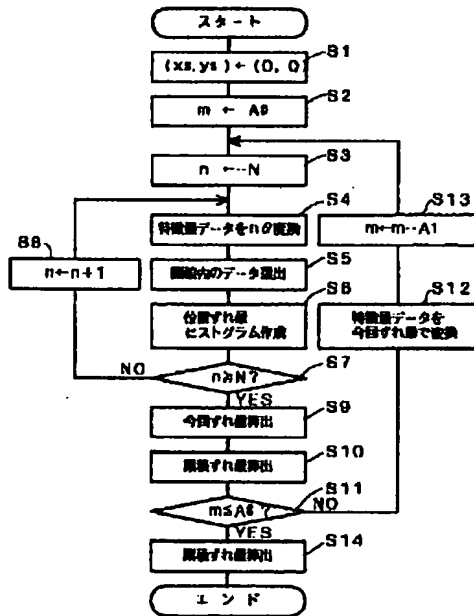
【符号の説明】

1・・・画像読み込み範囲、3・・・指、5・・・画像読み込み手段、7・・・画像前処理手段、9・・・画像細線化手段、11・・・特徴量抽出手段、13・・・画像ずれ量算出手段、15・・・相対位置修正手段、17・・・照合手段、19・・・判定手段、101・・・入力側第1メンバーシップ関数、102・・・入力側第2メンバーシップ関数、103・・・出力側メンバーシップ関数、201～204、300・・・位置ずれマトリックス表、201a、202a～202d、203a、204a、300_{1,1}～300_{1,1}・・・マス目、F20～F29・・・関数、MR・・・登録画像の特徴点、MV・・・照合画像の特徴点、Mer・・・誤対応点、dr、dv・・・隆線方向。

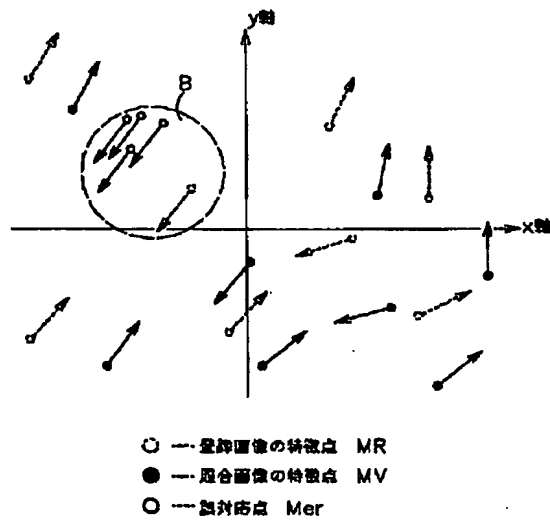
【図1】



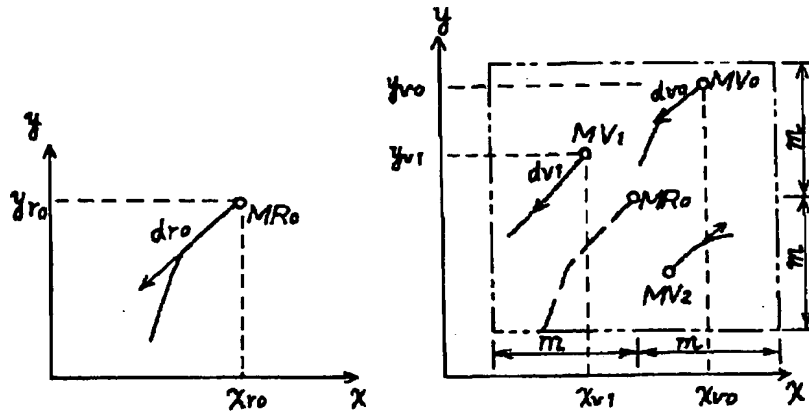
【図2】



【図5】



【図3】



$$|dvo - dro| < |D| \ \& \ |xvo - xro| < |m| \ \& \ |yro - yro| < |m|$$

$$|dvi - dro| < |D| \ \& \ |xvi - xro| < |m| \ \& \ |yvi - yro| < |m|$$



登録画像				照合画像			
特徴点番号	x座標	y座標	降線方向	特徴点番号	x座標	y座標	降線方向
MR0	xro	yro	dvo	MV0	xvo	yvo	dvo
				MV1	xvi	yvi	dvi
MR1							

【圖4】

$$-m+2(l-2)m/l < X_{vo} - X_r \leq$$

$$-m+2(l-1)m/l$$

$$-m+2(l-1)m/l < Y_{vo} - Y_r \leq m$$

又、

$$-m+2m/l < X_{vi} - X_r \leq$$

$$-m+4m/l$$

$$-m+2(l-2)m/l < Y_{vi} - Y_r \leq$$

$$-m+2(l-1)m/l$$



Y軸方向 X軸方向	$-m$? $-m+2m/l$	$-m+2m/l$? $-m+4m/l$	$-m+2(l-2)m/l$? $-m+2(l-1)m/l$	$-m+2(l-1)m/l$? m
$-m$? $-m+2m/l$	0	0		0	0
$-m+2m/l$? $-m+4m/l$	0	0		1	0
⋮					
$-m+2(l-2)m/l$? $-m+2(l-1)m/l$	0	0		0	1
$-m+2(l-1)m/l$? m	0	0		0	0

【圖10】

Y軸方向 X軸方向	$-m$? $-m+2m/l$	$-m+2m/l$? $-m+4m/l$	$m-4m/l$? $m-2m/l$	$m-2m/l$? m
$-m$? $-m+2m/l$	$(-m-m/l)$ $(-m+m/l)$	$(-m+m/l)$ $(-m+3m/l)$		$(-m-m/l)$ $(m-3m/l)$	$(-m+m/l)$ $(m-m/l)$
$-m+2m/l$? $-m+4m/l$	$(-m+3m/l)$ $(-m+m/l)$	$(-m+3m/l)$ $(-m+3m/l)$		$(-m+3m/l)$ $(m-3m/l)$	$(-m+3m/l)$ $(m-m/l)$
⋮					
$m-4m/l$? $m-2m/l$	$(m-3m/l)$ $(-m+m/l)$	$(m-3m/l)$ $(-m+3m/l)$		$(m-3m/l)$ $(m-3m/l)$	$(m-3m/l)$ $(m-m/l)$
$m-2m/l$? m	$(m-m/l)$ $(-m+m/l)$	$(m-m/l)$ $(-m+3m/l)$		$(m-m/l)$ $(m-3m/l)$	$(m-m/l)$ $(m-m/l)$

【図6】

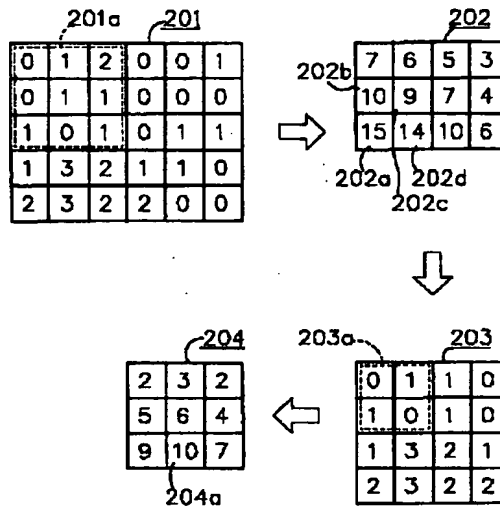
(A)

移動方向 矢印方向	$-m/2$	$-m/2+1$	0	$m/2$
$-m/2$	0	0	1	0
$-m/2+1$	0	0	0	4
0	2	2	0	0
$m/2$	3	1	0	0

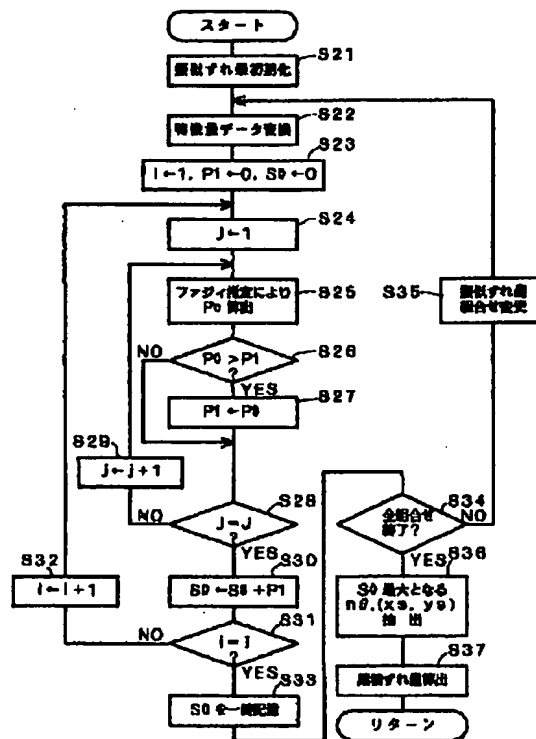
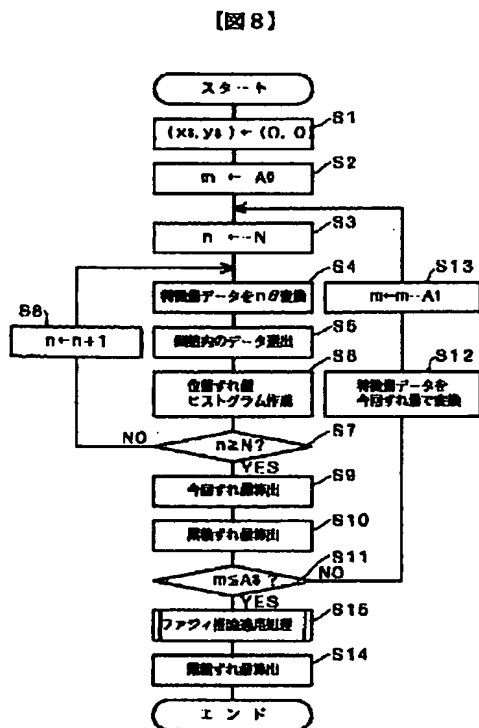
(B)

移動方向 矢印方向	$-m/2$	$-m/2+1$	0	$m/2$
$-m/2$	0	2	0	0
$-m/2+1$	0	0	3	0
0	0	8	0	0
$m/2$	0	0	0	0

【図7】



【図9】



【図11】

